

Les PGM ont-elles des effets spécifiques sur la santé ?

Louis-Marie Houdebine*

Les premières PGM qui ont été commercialisées ont toutes pour objectifs d'être utilisées comme aliment pour les animaux. La question de savoir si les PGM pouvaient avoir des effets délétères sur les consommateurs animaux et éventuellement humains s'est posée rapidement. Après une quinzaine d'années des réponses à cette question ont été données et des projets destinés à améliorer la santé des consommateurs ont commencé à apparaître. Les applications des PGM devraient donc devenir plus nombreuses et plus variées que celles actuellement commercialisées.

Le discours sur les PGM, en particulier dans l'Union européenne, est artificiellement centré sur les risques. On en arrive à une situation où une majorité d'Européens ne voient dans les PGM qu'une calamité mondiale de plus. C'est ignorer ce qui se passe dans le monde. Un changement non suffisamment perçu est le fait plusieurs pays non occidentaux Chine, Inde, Brésil, Afrique du Sud et même le Burkina Faso obtiennent eux-mêmes les PGM dont ils ont besoin ou s'approprient à le faire. L'impact positif mondial des PGM en termes de santé humaine est significatif et l'examen des différents projets en cours le montre bien.

Augmentation du revenu des agriculteurs

Les PGM ont permis globalement d'augmenter très significativement les rendements des récoltes et les revenus des agriculteurs dont elles ont amélioré les conditions de vie surtout chez les plus démunis. Entre 1996 et 2010, la culture de PGM a, de plus, diminué les émissions de gaz à effet de serre ainsi que les épandages de pesticides (-9,1%) ce qui se traduit par une diminution du facteur d'impact environnemental (EIF= -17,9%). Ce succès concerne actuellement essentiellement quelques plantes de grande culture destinées à l'alimentation animale (Brookes et Barfoot, 2012 et 2013).

A titre d'exemple les cultivateurs de coton Bt en Inde utilisent moins de pesticides (Halford, 2012 ; Brookes et Barfoot, 2012) et sont de ce fait moins intoxiqués. Les rendements en coton ont été augmentés de 24% entre 2002 et 2008. Les petits agriculteurs ont dans le même temps fait en moyenne 50 % de bénéfice en plus (Brookes et Barfoot, 2013). Ces recettes supplémentaires sont à la disposition des agriculteurs et de leurs familles qui peuvent ainsi mieux s'alimenter, se soigner et éduquer leurs enfants (Kathage et Qaim, 2012). Un scénario semblable se déroule au Burkina Faso.

Plus modestement, les quelques agriculteurs français qui ont pu cultiver le maïs Bt ont augmenté leurs revenus d'au moins 100€ par hectare tout en utilisant moins de pesticides. Globalement, les agriculteurs de l'Union européenne ont un manque à gagner de 443 à 929 M€ par an en n'utilisant pas les PGM disponibles (Park *et al*, 2011).

* Directeur de recherche honoraire de l'Inra. Membre Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France

Des augmentations indirectes des rendements sont attendues pour réduire la malnutrition qui sévit dans de nombreux pays. On peut citer des plantes devenues résistantes à la sécheresse ou capables comme l'orge de pousser sur des sols salés, des papayers résistants à un virus qui a détruit les vergers de Hawaï, du riz et des bananes résistants à des bactéries, des pommes de terre résistantes au mildiou ou aux doryphores, des aubergines résistantes à des insectes et bien d'autres en cours d'étude.

Amélioration des qualités nutritives des aliments

De nombreuses carences alimentaires sont responsables de maladies chroniques dont certaines touchent un nombre considérable de personnes. Il est possible dans certains cas de compléter les plantes avec les éléments manquants. Il est également envisagé d'augmenter la digestibilité de certaines plantes ce qui favoriserait les productions animales. Plusieurs projets ont bien progressé et ils sont proches d'une mise sur le marché.

Les plantes supplémentées en vitamine A

Le manque de vitamine A est responsable de la cécité et de la mort prématurée d'un grand nombre d'enfants. Des statistiques de l'OMS indiquent que 90 millions d'enfants du Sud-Est Asiatique souffrent d'un manque de vitamine A. Il est admis que 670 000 enfants meurent chaque année dans le monde et que 350 000 autres sont atteints de cécité à cause d'une carence en vitamine A. La distribution de vitamine A dans les communautés humaines concernées a été un échec comme les incitations à cultiver des plantes vivrières riches en vitamine A. Les gènes responsables de la synthèse de β -carotène ont été ajoutés au riz par des laboratoires académiques européens puis par une entreprise privée, Syngenta. Les quantités de β -carotène présentes dans ce riz doré sont suffisamment élevées pour que 150 g de riz par jour apportent à des adultes la moitié de la vitamine A requise. Environ 80g/jour de riz doré suffirait à empêcher des enfants de 6-8 ans de tomber aveugles (Enserink 2008 ; Tang *et al*, 2012). Le β -carotène du riz doré est très bien transformé en vitamine A par les consommateurs humains (Tang *et al*, 2012). Le riz doré commence à être cultivé, notamment aux Philippines et en Chine. Les cultivateurs et les consommateurs auront un libre accès à la semence. Ce projet a été considérablement retardé par les opposants aux OGM. Le fauchage de riz doré aux Philippines, en août 2013, a soulevé une vague de protestation au niveau mondial, entre autre sous la forme d'une pétition. D'autres plantes de consommation courante supplémentées en β -carotène ont été obtenues de la même manière : patate douce, pomme de terre, tomate, choux fleur (par sélection conventionnelle) et maïs qui ont acquis la couleur orange des carottes et du riz doré. La consommation de ces plantes devrait contribuer à éliminer à terme la carence en vitamine A. L'autorisation de la consommation de riz doré est prévue pour 2013.

Dans le même ordre d'idées, des tomates et du manioc supplémentés avec de la vitamine C sont en cours d'étude.

Plusieurs plantes, et notamment le riz, possèdent des gènes permettant de stocker les vitamines B, C et E, le fer et le zinc, des carences importantes de ces deux minéraux étant fréquentes.

Les plantes supplémentées en protéines

Les carences en protéines sont très répandues dans le monde. La graine de cotonnier contient de l'huile qui est extraite et consommée sans problème. Les tourteaux sont riches en protéines qui contiennent un pesticide naturel toxique, le gossypol. Les variétés sélectionnées pour être pauvres en gossypol sont extrêmement sensibles aux ravageurs et elles n'ont pas eu de succès commercial durable. L'inhibition du gène de l'enzyme qui synthétise le gossypol a pu être obtenue avec des ARN interférents dont les gènes ne s'expriment que dans les graines. Les protéines de coton sont ainsi devenues consommables sans que le cotonnier ait perdu les effets protecteurs naturels du gossypol qui reste présent dans l'ensemble de la plante. Les tourteaux de coton peuvent constituer une source abondante de protéines pour des millions de personnes des pays tropicaux (Sunilkumar *et al.*, 2006).

Des pommes de terre exprimant un gène d'amarante ont été obtenues en Inde. Ces pommes de terre sont, comme attendu, enrichies en protéines. De surcroît, et pour des raisons inconnues, le rendement de ces pommes de terre est nettement augmenté (Chakrabortya *et al.*, 2010).

Il est également possible d'augmenter la teneur de plantes en acides aminés essentiels (lysine, tryptophane).

La production d'huiles saturées ou polyinsaturées

L'huile d'olive est connue pour être relativement riche en acides gras insaturés ce qui la rend recommandable pour la santé humaine par consommation directe. Elle est résistante à la cuisson et ne se transforme donc pas en composés toxiques. Le transfert de gènes dirigeant la synthèse des acides gras a permis de modifier la composition des graines de soja pour augmenter la résistance à la cuisson de l'huile qui en est extraite. De la même façon, des huiles riches en acides gras polyinsaturés (oméga-3, -6, -9, -12, -15) qui se trouvent dans les huiles de poissons sont produites dans des graines de soja. Ces huiles peuvent être profitables à l'Homme lorsqu'elles sont consommées directement. Ces mêmes huiles peuvent également être ajoutées à la ration d'animaux d'élevage, les saumons notamment, dont les produits consommables seront notablement enrichis acides gras polyinsaturés.

La diminution des mycotoxines cancérigènes.

Les champignons sécrétant des mycotoxines constituent un problème de santé humaine dont l'importance a été pendant longtemps sous-estimée (Afssa, 2009). Plusieurs de ces mycotoxines (aflatoxine, fumonisine, zearalénone...) sont cancérigènes et peuvent également agir comme des perturbateurs endocriniens (Bucheli *et al.*, 2005 ; López-Casas *et al.*, 2012). Ces champignons se développent plus ou moins sur les plantes cultivées en fonction du climat. Ils prolifèrent également pendant le stockage des récoltes et notamment au sein des

ensilages. Les mycotoxines ne sont pas inactivées par le système digestif et elles sont donc transmises aux consommateurs par le lait, la viande et les œufs. Les années où certaines récoltes sont contaminées par des taux excessifs de mycotoxines, les agriculteurs font des mélanges avec des récoltes non contaminées jusqu'à atteindre les niveaux légalement acceptables. Cette pratique implique des transports massifs sur des distances assez élevées et consiste à distribuer aux consommateurs des produits conformes à la réglementation mais non dépourvus de risque.

Les maïs Bt contiennent moins de mycotoxines que les témoins (Hammond *et al.*, 2004 ; Wu, 2006 ; Ostry *et al.*, 2010 ; Folcher *et al.*, 2010). Les maïs Bt permettent aux animaux d'élevage, notamment les porcs et les poulets, d'être en meilleure santé et plus productifs (Wu, 2006 ; Delgado and Volt, 2011, Andretta *et al.*, 2012 a,b).

Dans le même ordre d'idée, il est connu que l'ergot de seigle, le datura et l'ambroisie contiennent des toxines et des allergènes très préjudiciables pour les consommateurs animaux et humains. Ces plantes sont éliminées lorsque les cultures sont des PGM résistantes à des herbicides totaux.

Production de médicaments par des PGM

Des PGM peuvent être une source de protéines thérapeutiques (albumine, anticorps monoclonaux, vaccins etc.). Des protéines thérapeutiques produites dans des PGM sont en cours d'évaluation.

Impact négatif des PGM sur la santé humaine et animale.

Aucun effet négatif des PGM sur la santé humaine et animale n'a été rapporté jusqu'à ce jour.

Références

Andretta I., Kipper M., Lehnen C.R., Hauschild L., Vale M.M., Lovatto P.A. 2012. Meta-analytical study of productive and nutritional interactions of mycotoxins in growing pigs. *Animal*. 6:1476-1482. doi: 10.1017/S1751731111002278.

Andretta I., Kipper M., Lehnen C.R., Lovatto P.A. 2012. Meta-analysis of the relationship of mycotoxins with biochemical and hematological parameters in broilers. *Poult Sci*. 91: 376-382.

Afssa 2009. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale.

Brookes G. and Barfoot P. 2012. Global impact of biotech crops. *GM Crops and Food: Environmental effects, 1996–2010. Biotechnology in Agriculture and the Food Chain* 3:2, 129–137. <http://dx.doi.org/10.4161/gmcr.20061>

Brookes G., and Barfoot P. 2013. The global income and production effects of genetically modified (GM) crops 1996–2011. *GM Crops and Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. 4 (1):1-10. <http://dx.doi.org/10.4161/gmc.24176>

Bucheli T. D., Erbs M., Hartmann N., Vogelgsang S., Wettstein F. E., Forrer Mitt H.R. 2005. Estrogenic mycotoxins in the environment. *Lebensm. Hyg.* 96: 386–403.

Chakrabortya S., Chakrabortya N., Agrawala L., Ghosha S., Narulaa K., Shekhara S., Naik P.S., Pandec P. C., Chakrabortib S.K., and Datta A. 2010 Next-generation protein-rich potato expressing the seed protein gene AmA1 is a result of proteome rebalancing in transgenictuber. *Proc.Natl.Acad. Sci. U S A*. 107(41):17533-17538. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1006265107

Delgado J.E. and Wolt J. D. 2011. Fumonisin B₁ Toxicity in Grower-Finisher Pigs: A Comparative Analysis of Genetically Engineered Bt Corn and non-Bt Corn by Using Quantitative Dietary Exposure Assessment Modeling. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 8: 3179–3190. doi: 10.3390/ijerph8083179

Enserink M. 2008. Tough lessons from golden rice. *Science*. 320(5875): 468-471. doi: 10.1126/science.320.5875.468.

Folcher L., Delos M., Marengue E., Jarry M., Weissenberger A., Eychenne N., Regnault-Roger C. 2010. Lower mycotoxin levels in Bt maize grain. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 711–719. DOI 10.1007/s11248-005-5237-1

Halford N. G. 2012. Toward two decades of plant biotechnology: successes, failures, and prospects. *Food and Energy Security*. 1: 9–28. DOI: 10.1002/fes3.3

Hammond B.G., Campbell K.W., Pilcher C.D., DeGooyer T.A., Robinson A.E., McMillen B.L., Spangler S.M., Riordan S.G., Rice L.G., Richard J.L. 2004. Lower fumonisin mycotoxin levels in the grain of Bt corn grown in the United States in 2000-2002. *J. Agric. Food Chem.* 52:1390-1397.

Johnson A. A. T., Kyriacou B., Damien L. C., Lorraine C., Stangoulis J., Lombi E., Tester M. 2011. Constitutive Overexpression of the OsNAS Gene Family Reveals Single-Gene Strategies for Effective Iron- and Zinc-Biofortification of Rice Endosperm. *PLoS ONE* | www.plosone.org 6: e24476

Kathage J. and Qaim M. 2012. Economic impacts and impact dynamics of Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton in India. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1203647109/-/DCSupplemental

López-Casas P.P., Mizrak S.C., López-Fernández L.A., Paz M., de Rooij D.G., del Mazo J. 2012. The effects of different endocrine disruptors defining compound-specific alterations of gene expression profiles in the developing testis. *Reprod. Toxicol.* 33:106-115.

Ostry V., Ovesna J. Skarkova J., Pouchova V., Ruprich J. 2010. A review on comparative data concerning Fusarium mycotoxins in Bt maize and non-Bt isogenic maize. *Mycotox. Res.* 26:141–145. DOI 10.1007/s12550-010-0056-5

Park J., McFarlane I., Phipps R. and Ceddia G. 2011 The impact of the EU regulatory constraint of transgenic crops on farm income. *New Biotechnology.* 28 : 396-406. doi:10.1016/j.nbt.2011.01.005

Sunilkumar G., Campbell L. M., Puckhaber L., Stipanovic R.D., Rathore K. S. 2006 Engineering cottonseed for use in human nutrition by tissue-specific reduction of toxic gossypol. *Proc. Natl. Acad. Sci; U S A.* 103: 18054–18059. doi: 10.1073/pnas.0605389103

Tang G., Hu Y, Yin S.A., Wang Y., Dallal G.E., Grusak M.A., Russell R.M. 2012. β -Carotene in Golden Rice is as good as β -carotene in oil at providing vitamin A to children. *Am. J. Clin. Nutr.* 96: 658-664. doi: 10.3945/ajcn.111.030775.

Wu F. 2006 Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Research* 15: 277–289.